

たり、一連の処理を繰り返すことにより対応可能な照合方法および照合装置を提供することも本発明の目的の1つである。

#### 発明の開示

本発明のビットストリングの照合方法においては、検索対象のビットストリング（被検索ビットストリング）を複数ビットの部分対象ビットストリング（部分被検索対象ビットストリング）に分けて、予め登録された複数の登録ビットパターンと多段階で照合するプロセスを有する方法を採用する。多段階に含まれる1つの照合段階である現段階は、検索対象のビットストリングから、現段階の部分対象ビットストリングを選択し、その現段階の部分対象ビットストリングが取り得る全ての値と照合する全照合工程と、複数の登録ビットパターンの部分登録ビットパターンを示すためのパターンテーブルであって、現段階に先行する段階から得られる照合継続情報により決まる現段階のパターンテーブルを、全照合工程とは独立に、全照合工程と前後して、または並列に、メモリよりロードするパターンロード工程とを有する。この現段階のパターンテーブルは、現段階の部分対象ビットストリングが取り得る全ての値に対応した領域を持ち、現段階の部分対象ビットストリングに対して照合対象となる部分登録ビットパターンを示す。

現段階は、さらに、全照合工程の結果と現段階のパターンテーブルとにより、現段階の部分対象ビットストリングに一致する部分登録ビットパターンの有無を少なくとも示す照合結果を得る判定工程と、この照合結果により、現段階のパターンテーブルに対応するアドレステーブルから、現段階の次の段階のパターンテーブルのアドレスを含む照合継続情報を出力する出力工程とを有する。アドレステーブルには、現段階のパターンテーブルに示された部分登録ビットパターンのそれぞれに続く次の段階のパターンテーブルのアドレスが示されている。このため、アドレステーブルの中から、現段階において一致する部分登録ビットパターンに続く、次の段階で照合する部分登録ビットパターンを示す次の段階のパターンテーブルのアドレスを含む照合継続情報を出力することができる。

この照合方法を実現する照合装置として、本発明においては、検索対象のビットストリングを複数ビットの部分対象ビットストリングに分けて、予め登録された複数の登録ビットパターンと多段階で照合するための照合装置であって、多段

階の少なくとも1つの照合する段階を実行する照合装置を提供する。この照合装置は、検索対象のビットストリングから、多段階の1つの現段階の部分対象ビットストリングを選択し、その部分対象ビットストリングが取り得る全ての値と照合する全照合手段と、先行する段階から得られる照合継続情報により決まる現段階のパターンテーブルを、この全照合手段とは独立に、メモリよりロードするパターンロード手段と、全照合手段の結果と現段階のパターンテーブルとにより、部分対象ビットストリングに一致する部分登録ビットパターンの有無を少なくとも示す照合結果を出力する判定手段と、照合結果により、現段階のパターンテーブルに対応して記録されたアドレステーブルから、次の段階のパターンテーブルのアドレスを含む照合継続情報を出力する出力手段とを有する。

これらの照合方法および照合装置は、現段階で一致する部分登録ビットパターンに続く次の段階のパターンテーブルのアドレスを含む照合継続情報を出力することにより完全一致および最長一致の検索機能を提供する。さらに、判定工程および判定手段において、部分対象ビットストリングに値が最も近い最大または最小の部分登録ビットパターンの有無を含む照合結果が得られると、出力工程および出力手段では、一致する部分登録ビットパターンがないときに、アドレステーブルから、最大または最小の現段階の部分登録ビットパターンに続く次の段階のパターンテーブルのアドレスを含む照合継続情報を出力できる。これにより、検索機能として範囲一致を含めた照合方法および照合装置を提供できる。

ここで、部分対象ビットストリングに値が最も近い最大の部分登録ビットパターンとは、部分対象ビットストリングより値が小さくて最大の部分登録ビットパターンを意味する。また、部分対象ビットストリングに値が最も近い最小の部分登録ビットパターンとは、部分対象ビットストリングより値が大きくて最小の部分登録ビットパターンを意味する。最大の部分登録ビットパターンに続くパターンテーブルのアドレスが選択されることにより、以下で説明する右倒れの範囲検索が可能となる。また、最小の部分登録ビットパターンに続くパターンテーブルのアドレスが選択されることにより、以下で説明する左倒れの範囲検索が可能となる。したがって、右倒れ型の検索においては、以下で説明する最大の側が選択され、左倒れ型の検索においては、以下で説明する最小の側が選択される。

また、本発明の照合方法および照合装置においては、多段階の照合の1つの段階（現段階）において、全照合工程および全照合手段により、部分対象ビットストリングが取り得る全ての値と照合する。そのため、現段階の部分対象ビットストリングと照合する対象となる、現段階の部分登録ビットパターン（以降ではエントリとも称する）を示す現段階のパターンテーブルを、照合とは独立した処理でメモリよりロードし、完全一致または範囲一致を導くことができる。 (8)

パターンテーブルは、部分エントリのビット列そのものである必要はなく、むしろ、部分エントリの値を直接またはビットパターンあるいはフラグなどにより部分エントリと対応するような形式で示すデータであることがデータ量の点から望ましい。本発明においては、部分対象ビットストリングが取り得る全ての値と照合する全照合工程あるいは全照合手段を備えている。したがって、全照合の際に照合の対象となる値の範囲において、パターンテーブルは、部分登録ビットパターンの有効無効を示すビットフラグからなるマスクデータで与えることができる。すなわち、全照合の際に、予め部分対象ビットストリングが取り得る値の範囲が決まっているので、そのようなマスクデータでメモリに記憶し、またメモリからロードすることが可能である。したがって、パターンロード工程および手段においては、マスクデータをメモリからロードする。

また、この照合方法および装置においては、部分対象ビットストリングが取り得る全ての値と照合するので、パターンテーブルの量あるいは領域としては、部分対象ビットストリングが取り得る全ての値をカバーできる量あるいは領域が予め確保される。したがって、エントリを追加する際は、基本的にはマスクパターンを更新するだけで良く、エントリの追加削除にともなうエントリ移動は発生しない。このため、上位アプリケーションによるテーブル管理のオーバーヘッドを縮小または排除できる。したがって、パケットフィルタリングやステートフルインスペクションにおいても上位アプリケーションソフトウェアの負担が軽いビットストリングの照合方法および照合装置を提供できる。

特に、マスクデータの場合は、1ビットで1エントリを表現することも可能となるので、パターンテーブルの記憶容量は大幅に削減され、また、パターンテー

ブルをロードする時間も短縮される。さらに、更新する際も、エントリの追加削除の処理に書き換えるビット量は大幅に少なくなり、処理は簡略化され、処理時間も短縮される。したがって、パターンテーブルをマスクデータ化することは有効である。

5

部分対象ビットストリングが取り得る全ての値と照合する処理（全照合工程および手段）は、独立した処理なので、比較器やルックアップテーブルを用いてハードウェアで高速に実行可能であり、多段階に分割することによりハードウェアの規模も大きくならない。部分対象ビットストリングのビット長は限定されるものではないが、ビット長が長くなればハードウェアは大きくなり、ビット長が短ければ照合段数が増加する。ハードウェアの適切な規模は、ハードウェアの目的、経済的な価値、実現可能な配線ルールなどに依存して変わる。現状では、部分対象ビットストリングのビット長としては4から5ビット程度が好ましいと考えられる。さらに、検索対象となる被検索ビットストリング（以降ではキーとも称する）のビット長増に対してもハードウェア自体のアルゴリズム的な変更は必要なく、ユニットを追加したり、一連の処理を繰り返すことで対応可能となる。

本発明の照合方法および照合装置は、簡易な構成で高速化できるという大きな効果を備えている。まず、全照合工程とパターンロード工程とが独立した処理なので、これらを並列に行うことが可能であり、多段階に分割することに伴い発生するメモリからパターンテーブルをロードするオーバーヘッドの時間も大幅に削減できる。したがって、特殊な構造で高速なメモリを使わなくても、十分に速い検索速度を発揮でき、廉価で大容量の検索を高速に実行する照合方法および装置を提供できる。そのような照合装置は、収容可能なエントリ数はSDRAM容量にのみ規定されるため、スケーラブル性が高く、また、メモリ管理が柔軟に行える。したがって、複数種の検索を単一のハードウェアセットで柔軟におこなえるものになる。

メモリに対してデータを入出力するキャッシュ装置を設けることにより、パターンテーブルをロードする時間のオーバーヘッドをさらに削減できる。キャッシュメモリの効率を向上し、ミスヒット率を低減するには、パターンテーブル、

- る全照合手段と、複数の登録ビットパターンを示すためのパターンテーブルであって、現状態の検索対象ビットストリングが取り得る全ての値に対応した領域 <sup>(7)</sup>を持ち、先行する状態から得られる照合継続情報により決まる、現状態のパターンテーブルを、全照合手段とは独立に、メモリよりロードするパターンロード手 <sup>(8)</sup>段と、全照合手段の結果と現状態のパターンテーブルより、現状態の検索対象ビットストリングに一致する現状態の登録ビットパターンの有無を少なくとも示す照合結果を出力する判定手段と、照合結果により、現状態のパターンテーブルに対応するアドレステーブルから、現状態の次の状態の前記パターンテーブルのアドレスを含む照合継続情報を出力する出力手段とを備えている。
- 10 1つの状態遷移を決定するのに、複数の照合装置を用いた設計も可能であり、その場合は、本発明の分類装置が遷移先の検索に用いられる。照合する内部状態、すなわち、状態遷移条件を外部条件や内部条件で変更することが可能であり、検索対象供給手段により、照合装置に供給される照合テーブルが指定されるようにしても良い。データ処理回路によりメモリの照合テーブルが書き換えられるよう
- 15 にしても良い。QoSの検索などに本発明の状態遷移（オートマトン）プロセッサを用いると、QoSの検索とプロセッサとしてのアドレッシングが一体となったアーキテクチャを実現することができる。

#### 図面の簡単な説明

- 図1は、管理装置の例としてルータの概要を示す図である。
- 20 図2(a)～図2(f)は、一致検索の照合状態を説明する図である。
- 図3は、バイナリビットツリー上の照合状態を示す図である。
- 図4(a)～図4(f)は、右倒れ一致型の近似について説明する図である。
- 図5(a)～図5(f)は、左倒れ一致型の近似について説明する図である。
- 図6は、バイナリビットツリーをテーブル分割した様子を示す図である。
- 25 図7(a)～図7(c)は、照合テーブル（部分テーブル）を示す図である。
- 図8(a)および図8(b)は、MIN/MAXサーチを説明する図である。
- 図9(a)および図9(b)は、部分テーブルでMIN/MAXサーチを行う様子を示す図である。
- 図10は、圧縮テーブルでMIN/MAXサーチを行う様子を示す図である。

## 請 求 の 範 囲

1. (補正後) 検索対象のビットストリングを複数ビットの部分対象ビットスト  
リングに分けて、予め登録された複数の登録ビットパターンと多段階で照合する  
5 過程を有するビットストリングの照合方法であって、

前記多段階に含まれる1つの照合段階である現段階は、

前記検索対象のビットストリングから、前記現段階の前記部分対象ビットスト  
リングを選択し、前記現段階の部分対象ビットストリングが取り得る全ての値と  
照合する全照合工程と、

- 10 前記複数の登録ビットパターンの各々の部分登録ビットパターンを示すための  
パターンテーブルであって、前記現段階の部分対象ビットストリングが取り得る  
全ての値に対応した領域を持ち、前記現段階に対して先行する段階から得られる  
照合継続情報により決まる、前記現段階のパターンテーブルを、前記全照合工程  
とは独立に、前記全照合工程と前後して、または並列に、メモリよりロードする  
15 パターンロード工程と、

前記全照合工程の結果と前記現段階のパターンテーブルとにより、前記現段階  
の部分対象ビットストリングに一致する前記現段階の前記部分登録ビットパター  
ンの有無を少なくとも示す照合結果を得る判定工程と、

- 20 前記照合結果により、前記現段階のパターンテーブルに対応するアドレステー  
ブルから、前記現段階の次の段階の前記パターンテーブルのアドレスを含む前記  
照合継続情報を出力する出力工程とを有する照合方法。

2. 前記パターンテーブルは、前記部分登録ビットパターンの有効無効を示す  
ビットフラグからなるマスクデータである、請求項1の照合方法。

25

3. 前記出力工程では、前記一致する現段階の部分登録ビットパターンに続く  
前記次の段階の前記パターンテーブルのアドレスを含む前記照合継続情報を出力  
する、請求項1の照合方法。

データ管理方法。

19. 請求項1に記載の照合方法により、前記検索対象のビットストリームを照合する工程と、

5 その照合する工程の照合結果に基づき前記検索対象のビットストリングを備えたデータを管理する工程とを有するデータ管理方法。

20. 請求項1に記載の照合方法により、状態遷移の評価元となるデータを前記検索対象のビットストリングとし、複数の状態遷移条件を示すデータを前記複数の登録ビットパターンとして照合する工程と、

10 前記照合する工程の照合結果によりデータ処理回路の状態を遷移する工程とを有するデータ処理装置の制御方法。

21. (補正後) 検索対象のビットストリングを複数ビットの部分対象ビットストリングに分けて、予め登録された複数の登録ビットパターンと多段階で照合するために、前記多段階に含まれる少なくとも1つの段階を実行する照合装置であって、

15 前記検索対象のビットストリングから、前記多段階の1つの現段階の前記部分対象ビットストリングを選択し、その部分対象ビットストリングが取り得る全ての値と照合する全照合手段と、

前記複数の登録ビットパターンの部分登録ビットパターンを示すためのパターンテーブルであって、前記現段階の部分対象ビットストリングが取り得る全ての (12)  
20 値に対応した領域を持ち、前記現段階に対して先行する段階から得られる照合継続情報により決まる、前記現段階のパターンテーブルを、前記全照合手段とは独 (13)  
立に、メモリよりロードするパターンロード手段と、

前記全照合手段の結果と前記現段階のパターンテーブルとにより、前記現段階の部分対象ビットストリングに一致する前記現段階の部分登録ビットパターンの有無を少なくとも示す照合結果を出力する判定手段と、

25 前記照合結果により、前記現段階のパターンテーブルに対応するアドレステーブルから、前記現段階の次の段階の前記パターンテーブルのアドレスを含む前記照合継続情報を出力する出力手段とを有する照合装置。

47. 前記メモリには、前記パターンテーブルおよび前記アドレステーブルを含む照合テーブルが記憶されており、

前記分類装置の出力または前記検索対象供給手段により、最初の前記照合装置に供給される前記照合テーブルが指定される、請求項46のデータ処理装置。

5

48. 前記メモリには、前記パターンテーブルおよび前記アドレステーブルを含む照合テーブルが記憶されており、

前記データ処理回路により前記メモリの照合テーブルが書き換えられる、請求項47のデータ処理装置。

10

49. (補正後) 状態遷移の評価元となる現状態の検索対象のビットストリングを、予め登録された複数の状態遷移条件を示す登録ビットパターンと照合する照合装置と、

前記照合装置に対し、前記検索対象のビットストリングを供給する検索対象供給手段と、

前記照合装置の出力により状態が遷移するデータ処理回路とを有するデータ処理装置であって、

前記現状態の検索対象のビットストリングが取り得る全ての値と照合する全照合手段と、

20 前記複数の登録ビットパターンを示すためのパターンテーブルであって、前記現状態の検索対象ビットストリングが取り得る全ての値に対応した領域を持ち、先行する状態から得られる照合継続情報により決まる、現状態のパターンテーブルを、前記全照合手段とは独立に、メモリよりロードするパターンロード手段と、

前記全照合手段の結果と前記現状態のパターンテーブルとにより、前記現状態の検索対象ビットストリングに一致する前記現状態の登録ビットパターンの有無を少なくとも示す照合結果を出力する判定手段と、

25 前記照合結果により、前記現状態のパターンテーブルに対応するアドレステーブルから、前記現状態の次の状態の前記パターンテーブルのアドレスを含む前記照合継続情報を出力する出力手段とを備えている、データ処理装置。



50. 前記メモリには、前記パターンテーブルおよび前記アドレステーブルを含む照合テーブルが記憶されており、

前記検索対象供給手段により、前記照合装置に供給される前記照合テーブルが指定される、請求項49のデータ処理装置。

5

51. 前記メモリには、前記パターンテーブルおよび前記アドレステーブルを含む照合テーブルが記憶されており、

前記データ処理回路により前記メモリの照合テーブルが書き換えられる、請求項49のデータ処理装置。

10

52. (追加) 前記全照合工程では、比較器またはルックアップテーブルを用いたハードウェアにより前記照合を行う、請求項1の照合方法。 (16)

15

53. (追加) 前記全照合手段は、比較器またはルックアップテーブルを用いたハードウェアにより前記照合を行う、請求項21の照合装置。 (17)

54. (追加) 前記全照合手段は、比較器またはルックアップテーブルを用いたハードウェアにより前記照合を行う、請求項49のデータ処理装置。 (18)